

# Boas práticas de manutenção

## Falhas em equipamentos e seus componentes - Parte 4

Elaborado por Eduardo Linzmayer

### 1.1 Quebra ou deformação por impacto ou estática

Trata-se de um dano causado pela aplicação de força superior ao limite de resistência da peça. Quando a força for aplicada com choque, trata-se de impacto, quando for aplicada lenta ou rapidamente, mas sem choque, é estática. A necessidade de separação dos dois tipos de aplicação de força existe por causa do comportamento dos materiais. Materiais frágeis e quebradiços não resistem a choques, podendo aguentar esforços consideráveis, com aplicação lenta.

Alguns materiais dúcteis permitem a aplicação instantânea de força sem apresentar ruptura. Alguns materiais não metálicos ou metais em alta temperatura, acima da metade da temperatura de fusão, cedem com o tempo sob ação de carga constante. Um exemplo dessa situação é o piche que cede lentamente, com o tempo, até sob o seu próprio peso, vindo a fraturar de maneira dúctil ou frágil.

Todas as rupturas processam-se de duas maneiras: a primeira é por cisalhamento, quando for provocado o deslizamento de planos no interior dos cristais do metal; a segunda é por tração, quando os cristais são separados um do outro (clivagem). Abaixo, os tipos e modos de ruptura.

#### 1.1.1. Quebra por tração

No aço dúctil nota-se a superfície fosca cinzenta e grande diminuição da secção. No aço duro nota-se a superfície brilhante e rugosa. Nos materiais mais duros a secção permanece quase sem estricção (estricção).

#### 1.1.2. Quebra por flexão

Os padrões da superfície são semelhantes aos indicados anteriormente. A deformação característica provoca o desprendimento das partes.

#### 1.1.3. Quebra por cisalhamento

Para ilustrar este tipo de fratura pode ser observado um batoque caído da perfuração da chapa na prensa furadeira. Nota-se na parte inferior uma faixa brilhante onde os cristais foram esmagados e partidos na fase inicial e a fratura fosca e acinzentada onde se procedeu a trinca final.

#### 1.1.4. Quebra por torção

Neste item poderão ser notadas as fraturas nos sentidos longitudinal, transversal e ainda

nos ângulos (negativo e positivo) em 45 graus. No material dúctil notam-se as estrias ou trinca em 45 graus.

#### 1.1.5. Quebra por pressão

Neste caso não haverá ruptura parecida com os demais casos descritos anteriormente. Este caso quase não acontece na prática. Um caso típico é uma peça forjada defeituosa.

#### 1.1.6. Quebra por flambagem

Trata-se de pressão aplicada no sentido longitudinal de uma peça delgada. Neste caso caracteriza-se conforme o tipo de tensões compostas. Os efeitos serão semelhantes aos resultantes da flexão, podendo ser conjugada com torção.

#### 1.1.7. Quebra ou fratura por fadiga

Caracteriza-se pelo aparecimento de trincas sob esforço cíclico (variação de carga), inferior ao limite de escoamento, que progride até o momento em que a secção restante não é suficiente para aguentar a carga e rompe-se. A superfície da fratura revela a maneira de propagação do dano. A parte correspondente à trinca é, na maioria dos casos, brilhante, com um ou mais pontos salientes (olho de peixe), onde ela se originou. Em caso de propagação relativamente rápida, existirão nela as linhas “de repouso” (striations), parecidas com “marcas de praia” ou “casca de ostra”. Em caso de propagação mais lenta, estas marcas não são visíveis a olho nu e a superfície é mais fosca, parecida com quebra por tração. Com a propagação rápida, a aparência se assemelha à quebra por cisalhamento.

Os fenômenos sequenciais que provocam a quebra ou fratura por fadiga são:

- Nucleação – processa-se um escorregamento num plano de escorregamento de cristal ou numa área onde a homogeneidade da estrutura foi rompida por qualquer razão. Aparece a microtrinca.

- Propagação da microtrinca – é geralmente o caso da propagação intragranular. A trinca atravessa os cristais do material, acompanhando a direção de maior sollicitação de cisalhamento.

- Propagação da macrotrinca – a trinca já visível – se for na superfície – prossegue seguindo direção perpendicular à direção de tração de acordo com um dos padrões, enfraquecendo cada vez mais o material,

continuando, geralmente, transcrystalina. Em alguns casos, mista ou intergranular.

- Quebra final – a parte não trincada da peça não aguenta mais a sollicitação e rompe-se instantaneamente. Nota-se que os materiais com cristais finos e deformados a frio têm, nos primeiros estágios de deformação, maior resistência à fadiga do que os recozidos ou deformados a quente.

### 1.2. Padrões de ruptura por fadiga

A fadiga possui uma importância muito grande nas análises e ocorrências de falhas, assim sendo convém destacar os principais padrões de ruptura por fadiga, que estão diretamente relacionados ao tipo de aplicação de força, conforme apresentados a seguir.

#### 1.2.1. Tração e compressão (não superficial)

Neste caso a trinca inicial e a fratura seguem, geralmente, plano transversal à direção da fadiga. Nota-se que as forças cíclicas podem provocar o aparecimento da trinca no interior da peça e a trinca inicial não será visível, até que o material venha a enfraquecer chegando ao rompimento total. Este caso é raro; a trinca aparece normalmente de um lado ou em volta da peça.

#### 1.2.2. Flexão

Neste caso a trinca prossegue na direção da aplicação da força, começando, na maioria dos casos, no ponto de maior sollicitação.

#### 1.2.3. Torção

Neste caso existem três planos de possível prosseguimento da trinca, conforme as figuras a seguir, podendo aparecer o quarto plano em caso de inversão de direção da força.

#### 1.2.4. Torção com flexão

Nota-se, frequentemente, a trinca inicial em toda a volta, conforme figuras a seguir.

#### 1.2.5. Superficial por pressão

**1.2.6. Superficial por pressão e laminação ou subsuperficial**

\*Eduardo Linzmayer é engenheiro de produção, consultor especialista em manutenção industrial, sócio-diretor da EBL Engenharia e Treinamento e professor associado da Escola de Engenharia Mauá